

Animazione di corpi rappresentati, fra scienza e progetto

Massimiliano Ciammaichella

Abstract

Molte pratiche progettuali odierne si concentrano sulla forma complessa esibendo superfici libere animate che ricalcano le altrettanto complesse geometrie e la struttura del corpo umano. Ma il design, dell'architettura, del prodotto e della moda, tende a utilizzare gli stessi strumenti e metodi di rappresentazione per costruire artefatti che richiamano la forma del corpo umano in movimento, sottoposto a continui processi di trasformazione e ibridazione in modelli 3D deformabili. Spesso il risultato finale dell'artefatto è rintracciabile nell'individuazione di un fotogramma interno alla sequenza animata che ci racconta l'intero iter progettuale fatto di modelli sottoposti a continui morphing o, come nel caso del generative design, si ricostruiscono i processi evolutivi della forma. Il paper indaga le teorie e i metodi di descrizione eidomatica del corpo, attraverso un'analisi transdisciplinare dello stato dell'arte che testimonia le ultime tendenze dell'animazione 3D, anche attraverso la documentazione di alcuni specifici casi studio a cura del proponente, per inquadrare analogie e disparità nelle pratiche progettuali che hanno come soggetto il corpo e la sua comunicazione. Rappresentare il corpo, oggi, significa porsi in relazione con l'innovazione scientifica che spesso lo dota di conviventi tecnologie integrate e, al contempo, si interroga sulla resa della sua immagine attraverso processi di trasformazione che offrono inediti e possibili scenari comunicativi.

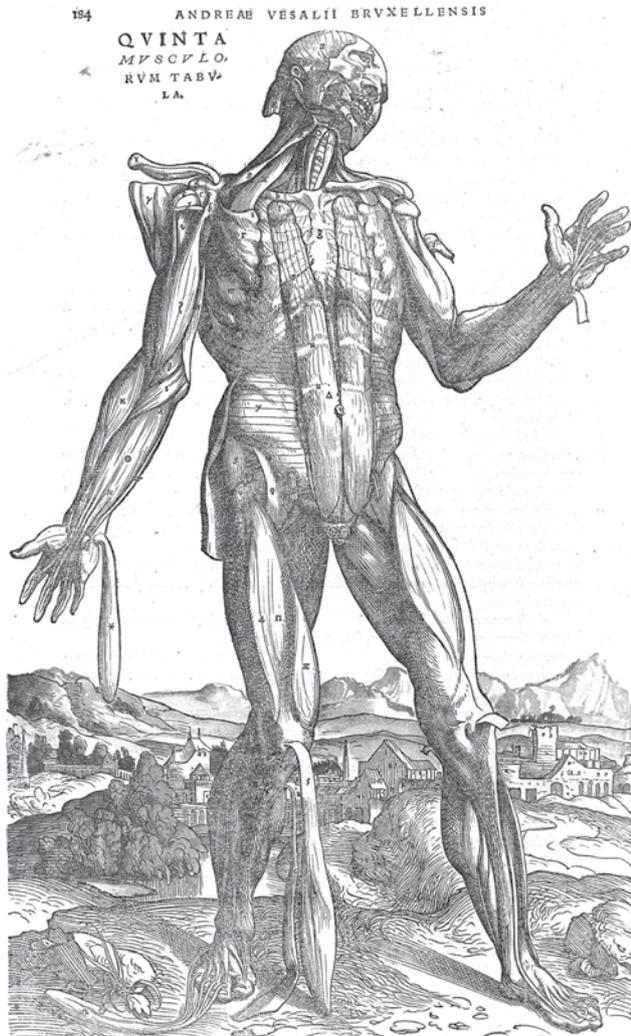
Parole chiave: animazione, corpo umano, superfici libere, morphing, pratiche progettuali.

L'approccio al disegno digitale di progetto è per sua natura animato e si esprime nei continui movimenti che orbitano il punto di vista attorno alla forma da plasmare; così l'architetto e il designer, oramai adusi agli strumenti informatici, lavorano in una dimensione che Derrick de Kerckhove definisce nei termini di un "presente esteso", perché «La memoria tecnologica collettiva fornisce il mezzo per infinite esplorazioni in diversi livelli di tempo» [1]. Per converso, gli strumenti analogici del disegno hanno restituito nella fissità dell'immagine conclusiva gli esiti di un'esperienza gestuale che cela un tempo non ripetibile né reversibile. Eppure l'immagine in movimento consente di riprodurre l'esperienza e documentare gli esiti di un processo in divenire. In entrambi i casi, fra dispositivo

digitale e analogico, il medium a disposizione può guidare le azioni del soggetto che se ne serve, e per Lev Manovich [2] l'animazione, che ha giocato un ruolo fondamentale nella nascita e nello sviluppo del cinema, ora assume un valore centrale nella computer grafica, alternando l'immaginario "reale" a quello "sintetico".

Oggi lo studio e l'osservazione dei processi di dinamismo interessano il corpo umano e gli artefatti del design in generale in maniera così incisiva da tornare ad assumere un ruolo centrale tanto negli esiti delle pratiche quanto nei metodi di rappresentazione di progetto che li descrivono. Così, più che concentrarsi sulla compiutezza della statica forma da raggiungere, il progettista costruisce vere e proprie sequenze animate che intrecciano e fondono l'immagine del

Figg. 1, 2. Illustrazioni di Jan Stephan van Calcar, in Vesalio 1543.



corpo con quella dell'architettura e dei prodotti in figure che sono il risultato di processi in divenire.

In realtà, il rapporto che intercorre fra corpo e architettura è sempre stato molto presente e ha una lunghissima storia che spazia dalla ricerca della proporzione e della simmetria in un'ottica di centralità di vitruviana memoria, all'organicismo, all'antropomorfismo, per giungere all'attuale ibridazione e tecnicizzazione di un corpo che non rinuncia alla metamorfosi protesica, per ragioni mediche o estetiche, e come ci ricorda Anthony Vidler [3] scarnifica e ridisegna la propria pelle diventando il banco di prova della sperimentazione continua. L'attenzione quindi si sposta dall'esteriore compiutezza della complessa macchina del corpo celata dal rivestimento epidermico, per orientarsi verso l'introspezione e la scomposizione, sottoponendo il corpo stesso alla scarnificazione per poi incidere le sue viscere smembrandolo.

Ci si interroga pertanto sull'immagine del corpo contemporaneo, sottoposto a contaminazioni di ogni genere, che ne alterano la forma e il contenuto, mettendo in discussione lo stesso concetto di identità. In una sorta di ritorno, non certo nostalgico, agli studi dell'anatomia classica, si sperimentano inedite forme e possibilità fisiche aiutate dall'artificializzazione tecnica; ma l'immagine non è statica e ci parla di un corpo pulsante, diversamente dalle rappresentazioni anatomiche di Andrea Vesalio [4], che registrava la scoperta scientifica attraverso l'indagine conoscitiva della dissezione, come documentano le magistrali illustrazioni di Jan Stephan van Calcar [5] (figg. 1, 2).

Qui la staticità insita nel tipo di rappresentazione, che per secoli stratificava informazioni attraverso una sequenza di immagini piane, deve confrontarsi con la rappresentazione tridimensionale del clone digitale e con la sua introspezione animata, in linea con le analisi endogene che la medicina attua su un corpo vivo, mostrando attraverso il video ciò che in genere non si vede.

In questo senso, anche i metodi della rappresentazione di progetto si sono evoluti notevolmente, passando dai tradizionali linguaggi del disegno, che restituivano nella limitante proiezione bidimensionale – cara a Gaspard Monge – la descrizione degli artefatti, al pieno controllo degli oggetti delineabili nelle loro reali caratteristiche tridimensionali e nei loro movimenti, laddove questi sono presenti.

L'architettura per lungo tempo è stata prevalentemente vista come una disciplina dedita all'edificazione di solidi e volumi "immobili" ma, a partire dagli anni '90 del Novecento, la massiccia introduzione nel mercato di personal

computer alla portata di tutti e *software* di tipo CAD a basso costo ha modificato il lavoro del progettista, che si comporta come uno "scultore" in grado di modellare forme tridimensionali complesse nello spazio, tant'è che il termine "disegno" coincide sempre più con quello di "modellazione". La realtà fisica degli oggetti è pertanto simulabile, così come il dinamismo, che assume da qui in poi una certa prevalenza nelle azioni di progetto e nella sua comunicazione.

Esemplare è stato l'approccio di Rem Koolhaas nelle *Jussieu Libraries* [6], dove la piega imposta alle superfici dei solai definisce un percorso continuo che si snoda liberamente all'interno di un volume scatolare trasparente, ma il movimento dei visitatori detta le strategie della rappresentazione di progetto: non ridotta alla semplice proiezione ortogonale, che tuttora perdura nelle tavole dei concorsi internazionali di architettura, ma diagrammata in una sezione continua che ricorda gli studi di Étienne-Jules Marey [7] e la scomposizione del movimento umano, sintetizzato in un quadro sinottico capace di restituire i fotogrammi di una sequenza cinematica attraverso l'invenzione della cronofotografia (fig. 3).

Concetti quali struttura, pelle, forza, deformazione, moto e animazione diventano le parole chiave di un'architettura che sfrutta le tecnologie digitali per rappresentare la forma libera attraverso algoritmi di tipo NURBS [8] – che traducono in modelli matematici la totalità delle forme presenti in natura, attraverso curve direttrici sulle quali scorrono altrettante curve generatrici per la realizzazione di superfici sinuose – e non solo. L'idea del movimento è già insita nel tipo di approccio offerto dalle tecniche di modellazione solida e le figure in gioco possono essere modificate di continuo, poiché sottoposte all'azione di gradienti di forza che ne alterano la geometria progressivamente; spetterà al progettista decidere quale sarà il risultato definitivo di una struttura che si evolve nel tempo [9] e si serve delle proprietà offerte dalle catene cinematiche inverse per potersi animare.

Così le tecniche di *rigging*, generalmente utilizzate per l'animazione di personaggi 3D nei *cartoon* e nei videogiochi di ultima generazione, sono applicabili al corpo dell'architettura. Si tratta di costruire un'ossatura e definire per essa delle gerarchie di movimento, poiché ogni spostamento imposto al singolo arto influenzerà i movimenti degli arti a esso collegati; in particolare, si può applicare uno spostamento all'ultimo oggetto della catena influenzando le posizioni intermedie degli arti collegati nella stessa gerarchia,

per costruire una catena cinematica inversa in grado di plasmare la pelle dell'involucro architettonico che potrà assumere diverse pose (fig. 4).

Tuttavia, sebbene la cinematica studi i moti dei corpi senza considerare le cause che li hanno generati, ulteriori modifiche alle geometrie dei modelli tridimensionali potranno essere attuate sottoponendoli all'azione dinamica di gradienti di forza attrattivi o repulsivi, alle leggi fisiche e alla gravità. Molto spesso cinematisimo e dinamica si intrecciano nelle pratiche progettuali di molti architetti, ma interessano anche altre discipline del design, come ad esempio la moda, che per sua stessa natura realizza architetture in movimento animate dai corpi.

Fashion designer come Hussein Chalayan ridefiniscono la *silhouette* servendosi di tecnologie digitali per plasmare le superfici geometriche dell'abito direttamente sui corpi, sottoponendole all'azione dinamica del *morphing* o sperimentando materiali innovativi dotati di microchip [10], su abiti muta-forma che si muovono autonomamente e aprono le porte all'*Animatronic Fashion Era* [11]. Ma l'intero processo progettuale, dall'ideazione al capo finito, può munirsi di cloni digitali, avatar che ripropongono le taglie dei corpi reali sui quali modellare tridimensionalmente il capo, simulando la tecnica tradizionale del *moulage* con la quale il progettista drappeggia i tessuti e costruisce i capi direttamente su manichino.

Sono modelli organici definiti da superfici *mesh* [12], poliedri a facce generalmente quadrilatere, rese successivamente curve convertendo i profili lineari in tangenti alle direttrici e generatrici di tipo NURBS.

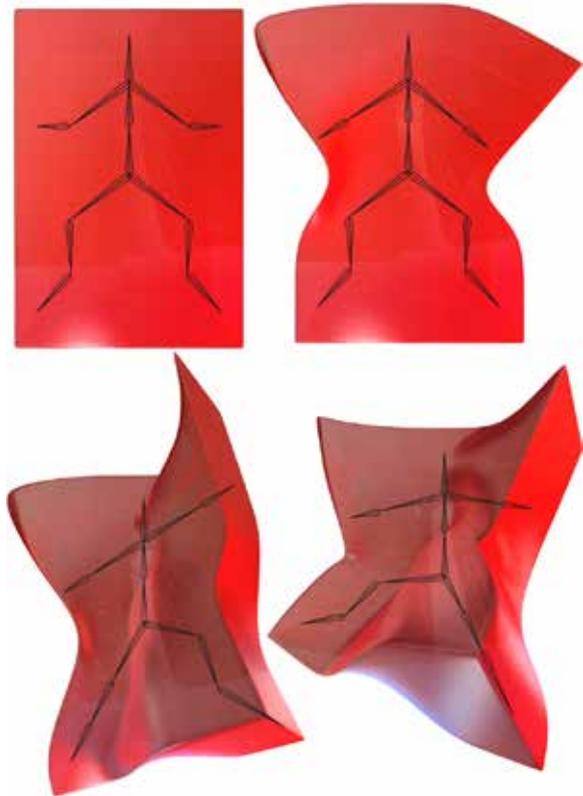
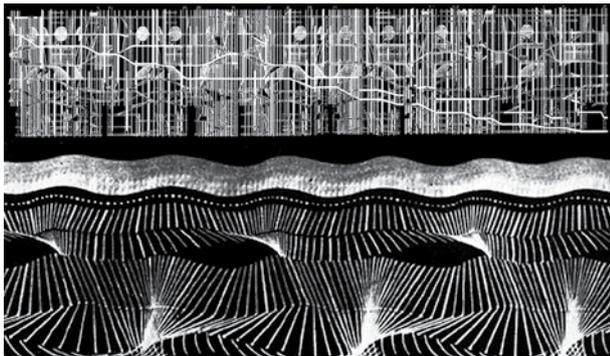


Fig. 3. Schema grafico dello sviluppo della Biblioteca di Francia, progettata da OMA nel 1992-93 e cronofotografia della marcia di un soldato, E.J. Marey 1883.

Fig. 4. M. Ciamaichella, *Rigging the Box*, 2016. Catene cinematiche inverse applicate a una superficie di suddivisione.

In questo modo le superfici piane dei cartamodelli colideranno con i corpi, ricostruendo le sagome curve e il drappaggio animato degli abiti attraverso la *clothing simulation*; molti *software*, infatti, permettono agli operatori di associare le proprietà fisiche dei materiali alle superfici che compongono l'abito.

Il corpo reale e la sua riproposizione digitale si sovrappongono per assecondare le istanze di progetto e, al contempo, le nuove tecnologie riflettono le estetiche presenti programmando quelle future. Del resto la moda, ancor prima di disegnare gli abiti, ha sempre progettato i corpi. Lo sa bene Lucy McRae [13], artista australiana che si autodefinisce "architetto del corpo". Il suo lavoro indaga i confini di un corpo che non rinuncia alla protesi evolvendo e rimodellando la sua forma anatomica. In effetti, il parallelo con l'architettura odierna, le sue complesse forme e i metodi di rappresentazione che ne governano le geometrie non evidenzia sostanziali differenze.

In entrambi i casi, i movimenti e le pose dello "scheletro strutturale" determinano le variazioni di un volume rivestito da una pelle infinitamente elastica; per Bart Hess [14] invece, amico e collaboratore di McRae, l'animazione del corpo disegna le molli superfici che lo rivestono e lo modificano, per comprenderne l'evoluzione e sfruttare il suo potenziale, fra manipolazione genetica e ridefinizione del concetto di bellezza.

In *Echo* [15] (fig. 5), i movimenti del corpo di un attore suggeriscono le dinamiche delle superfici digitali che lo vestono e lo filtrano attraverso membrane semitrasparenti che vibrano come sottili gusci. Sono le pelli fluide di un corpo digitale alternativo, che mima alla perfezione i gesti di un corpo reale al quale si sovrappone, grazie all'utilizzo di *software* dedicati al *camera tracking* [16]. Si capisce che la modellazione digitale e l'animazione 3D offrono molteplici possibilità espressive e spesso sembrano condizionare il progetto. Il design – dell'architettura, del prodotto e della moda – tende a utilizzare gli stessi strumenti e metodi di rappresentazione per costruire artefatti che richiamano la forma del corpo umano in movimento, sottoposta a continui processi di trasformazione e alterazione. Quando invece il corpo è il soggetto esclusivo sul quale si concentrano gli attuali progetti di comunicazione visiva e multimediale, emergono due opposte tendenze: da una parte si cerca di astrarlo per evidenziare le tracce del suo movimento, attraverso le quali sarà possibile riconoscerlo, dall'altra si ricostruiscono fedeli cloni virtuali, talmente realistici ed espressivi da indurre a interrogarci sulla loro natura.

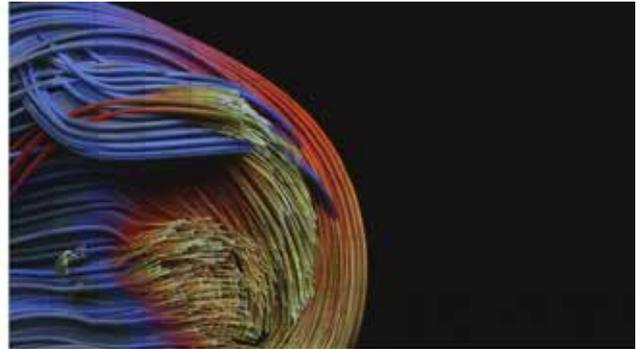
Fig. 5. B. Hess, *Echo*, 2011. Fotogrammi del video <<http://vimeo.com/40286131>>.



Fig. 6. D. Franke e C. Kiefer, *Unnamed soundsculpture*, 2012. Fotogrammi del video <<http://vimeo.com/38840688>>.



Fig. 7. *Universal Everything, Made by humans*, 2012. Fotogrammi del video <<http://vimeo.com/52025659>>.



Nel primo caso, la cattura del movimento e del soggetto che lo compie attraverso scansioni ripetute può tradursi in un modello numerico che, del corpo, restituisce solo una nuvola di punti su di esso registrati; allora la fisicità si smaterializza e i punti seguono come uno sciame le sinuose curve disegnate dalle sequenze coreografiche di una danzatrice, come accade in *Unnamed soundsculpture* [17], che rappresenta l'equilibrio fra forma del moto contestualizzata nello spazio virtuale e astrazione del soggetto reale che lo determina (fig. 6).

Lo stesso dicasi per *Made by humans*, installazione realizzata dal celebre studio di *graphic design* Universal Everything [18], il cui titolo preannuncia gli infiniti disegni che il corpo è in grado di tracciare quando non è fermo. In questo caso la sua sagoma si scioglie e si lascia trasportare da libere superfici curve che delimitano lo spazio di azione del corpo stesso e sono formalizzazioni del suo passaggio, registrato da sofisticati strumenti di *motion capture* (fig. 7).

Nel secondo caso, quando invece il soggetto deve rendersi riconoscibile, la rappresentazione digitale esibisce avatar 3D iperrealistici che incarnano le estetiche desiderate; tuttavia il loro impatto è meno invasivo del bisturi anche se persino l'immagine dei corpi più belli viene modificata dai programmi di fotoritocco, come si vede nelle patinate riviste di moda e nei manifesti pubblicitari.

Il fedele clone digitale del corpo, inoltre, può essere riprodotto attraverso *body scanner* o sfruttando tecniche a basso costo tipiche della fotomodellazione, per le quali il soggetto viene fotografato simultaneamente da diversi punti di vista, al fine di realizzare un modello tridimensionale con *texture* ad altissima risoluzione, reso possibile dai *software* per il *multi-stereo matching* [19] generalmente utilizzati nel rilievo degli artefatti di piccole dimensioni e nell'acquisizione delle superfici dipinte.

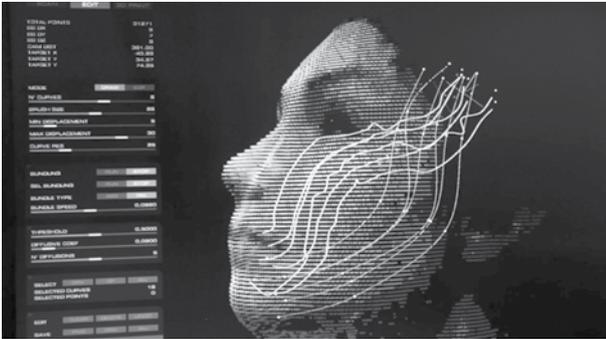
Tale metodologia è stata sperimentata su un corpo vivo – difficile da rilevare perché per sua stessa natura non è mai immobile – nel videoclip di *Memex* [20], del gruppo musicale inglese Duologue, nel quale la fotogrammetria diventa l'espedito per indagare i processi di invecchiamento del corpo e il concetto stesso di mortalità (fig. 8).

Rappresentare il corpo, oggi, significa porsi in relazione con l'innovazione scientifica che spesso lo dota di conviventi tecnologie integrate e allo stesso tempo si interroga sulla resa della sua immagine, attraverso processi di trasformazione che offrono inediti e possibili scenari comunicativi. Rileggere e interpretare i segni del suo passaggio significa gettare le basi per progettare il suo spazio di azione,

Fig. 8. *Marshmallow Laser Feast e Analog*, 2014. Fotogrammi del videoclip *Memex* della band *Duologue* <<https://vimeo.com/104385260>>.



Fig. 9. MHOX, Collagene, 2013. Fotogrammi del video
<<http://vimeo.com/62662754>>.



ma inquadrare la sua immagine vuol dire fare i conti con un corpo globalizzato che ambisce all'artificio chirurgico per spostare i canoni orientali verso occidente e viceversa. Anche l'architettura sembra essersi omologata allo stesso proposito, confidando nella modellazione parametrica con algoritmi generativi quale processo di riunificazione di una forma da abitare, che spesso e volentieri si ripete e tende a rendere riconoscibile il *software* che l'ha generata e meno la mano del progettista.

Si tratta di un particolare tipo di modellazione, detta anche "associativa", che non stimola il progettista ad ambire a un senso di compiutezza della forma poiché la forma finale sarà il risultato di un processo variabile e continuo, ma è in grado di attivare una serie di parametri interdipendenti disposti in una configurazione schematica: una sorta di albero genealogico all'interno del quale, al variare di uno o più parametri, mutano conseguentemente le infinite configurazioni formali di progetto.

La logica algoritmica tuttavia, pur servendosi di *slider* che modificano le superfici e i solidi in sequenze animabili, si discosta molto dalle abituali pratiche della rappresentazione digitale. In molti casi sembra quasi che il disegno venga azzerato dall'asettica distribuzione piana di componenti e *script* che richiedono una certa abilità prossima ai linguaggi della programmazione e meno a quelli del disegno.

In tal senso le molte *plug-in* e i *software* dedicati [21] potrebbero essere sviluppati migliorandone la facilità d'uso, date le innumerevoli configurazioni morfologiche che sono in grado di attivare e il sempre crescente interesse verso questo tipo di modellazione parametrica, che non interessa la sola architettura, ma il design in generale.

Tuttavia, per ora, gli esiti prodotti dal *generative design* tendono a omologarsi nella definizione di strutture intrecciate che paiono mimare la complessità delle ossa viste al microscopio o nel ridisegno delle pelli che le rivestono, le quali possono essere incise o ricoperte da *pattern* ripetuti.

Gli esiti prodotti saranno articolate figure antropomorfe per le quali il corpo umano può fungere da supporto per nuove scritture meno invasive del tatuaggio, che riflettono ugualmente il rapporto stringente fra naturalità fisica e artificio digitale, come si può vedere ad esempio nel progetto *Collagene* del gruppo MHOX [22] (fig. 9), dove i volti vengono scansionati da sensori *kinect* che ne restituiscono il modello numerico sul quale tracciare liberamente delle curve lungo le quali estrarre i profili curvi di una complessa struttura, facilmente prototipabile per mezzo di stampanti 3D. Il gruppo di *designer* indaga le proprietà dei

sistemi biologici per sviluppare artefatti generativi [23], ma qui le ragioni della crescita si relazionano arbitrariamente con quelle della libera forma di un "organismo virtuale", che attraversa le geografie del volto sul quale si innesta ridisegnandone la maschera. Da tutto ciò si evince che l'animazione di corpi rappresentati, fra scienza, pratiche del

design e comunicazione, è la dominante di un sistema di approcci progettuali che investono sui metodi di rappresentazione digitale, i quali si concentrano sul carattere evolutivo della forma complessa: quella delle superfici libere di un corpo in continua trasformazione, oggetto di un dialogo multidisciplinare aperto.

Note

[1] De Kerckhove 1996, p. 163.

[2] Manovich 2001.

[3] Per Anthony Vidler «È un corpo che sembra essere frammentato, se non contorto, deliberatamente lacerato, mutilato e quasi iriconoscibile. Paradossalmente, si è fatto strada come preciso segno di un radicale cambiamento rispetto all'umanesimo classico, segnando una fondamentale rottura con le teorie dell'architettura che fingono conciliazione e armonia domestica. [...] I suoi limiti, interiori ed esteriori, sembrano infinitamente ambigui ed estesi; le sue forme, letterali o metaforiche, non sono più confinate alla riconoscibilità umana, ma abbracciano tutta l'umana esistenza, dall'embrionale al mostruoso; il suo potere non risiede più in un modello unitario, ma nella suggestione del frammentario, del frammentato, del rotto»: Vidler 1990, p. 3.

[4] Vesalio 1543.

[5] Jan Stephan van Calcar (Giovanni da Calcar; Cleve 1499-Napoli 1546), pittore e disegnatore, si trasferì a Venezia nel 1537 ca., dove lavorò nella bottega di Tiziano.

[6] OMA, Rem Koolhaas, progetto per la Bibliothèque Nationale, Campus Jussieu, Parigi 1992-1993.

[7] Étienne-Jules Marey (1830-1904), fisiologo, si occupò dello studio del movimento nelle sue diverse varianti. Riprese il lavoro coevo di Eadweard Muybridge, ma diversamente dall'editore e fotografo inglese, si dotò di una sola camera fotografica per la ripresa di immagini multiple nelle quali gli attori erano dotati di tute con *marker* per la cattura del movimento.

[8] NURBS: acronimo di *Non Uniform Rational B-Spline*, descrive algoritmi matematici in grado di rappresentare curve, superfici e solidi di ogni genere. Per ulteriori approfondimenti si veda: Piegl, Tiller 1997.

[9] Per Ben van Berkel «Il movimento sta ridefinendo le strutture organizzative a tutti i livelli [...]. Le strutture sono libere di assumere differenti identità» (van Berkel, Bos 1999, p. 15), comprendendo anche gli scheletri e i loro cinematismi, che influenzano la morfologia dell'architettura. In questo senso Greg Lynn chiarisce il fondamentale ruolo dell'animazione nei processi di progettazione: «Animazione è un termine che differisce da, ma spesso è confuso con, mozione. Mentre mozione implica movimento e azione, animazione si riferisce all'evoluzione di una forma e alle sue forze plasmanti; ciò suggerisce animalismo, animismo, crescita, attuazione»: Lynn 1999, p. 9.

[10] Si vedano ad esempio: il *Windblown dress* presentato alla collezione primavera/estate 2009, *Inertia* e la collezione primavera/estate 2007.

[11] Hussein Chalayan: fashion designer turco cipriota, è stato fra i primi a integrare nuove tecnologie nelle sue creazioni; in particolar modo la collezione donna primavera/estate 2009, nata dalla collaborazione con Swarovski, è stata definita dalla critica come *Animatronic Fashion*.

[12] Diversamente dalle NURBS, che sono modelli matematici a tutti gli effetti, poiché descritti da equazioni, le superfici mesh sono modelli numerici, poiché descritti dalle coordinate dei vertici.

[13] Lucy McRae è un'artista che esplora i limiti del corpo e la sua forma: <www.lucymcrae.net> (consultato il 14 maggio 2017).

[14] Bart Hess è un artista olandese che ha collaborato con Lucy McRae a diversi progetti che hanno come protagonista il corpo e la sua forma: <<http://lucyandbart.blogspot.it/>> (consultato il 14 maggio 2017); lavora principalmente con il video e si è occupato degli effetti di Slime Art presenti nel videoclip *Born This Way* dell'icona della pop music Lady Gaga, director Nick Knight, 2011. Per apprezzare il lavoro di Hess, si rimanda al suo sito internet: <<http://barthess.nl>> (consultato il 14 maggio 2017).

[15] *Echo*: video di Bart Hess, realizzato per il National Glass Museum in Netherlands, Leerdam, 2011: <vimeo.com/40286131> (consultato il 14 maggio 2017).

[16] Il *camera tracking* è una procedura capace di tradurre digitalmente le coordinate spaziali e le proprietà delle singole prospettive, registrate e riprese da una videocamera reale. Generalmente la videoripresa viene processata da opportuni *software* capaci di riconoscere punti comuni ai singoli frame. Diverranno nuvole di punti spaziali sulle quali definire le geometrie di solidi semplici quali cubi e parallelepipedi, ma anche piani riconoscibili nelle varie prese. Gli effetti della videocamera reale verranno successivamente convertiti quali contributi di una camera digitale da importare nei comuni *software* di animazione 3D.

[17] *Unnamed soundsculpture*: video realizzato da Daniel Franke e Cedric Kiefer, nel quale la danza di una ballerina è stata rilevata da tre *depth camera kinect* (Microsoft) e successivamente rielaborata da un *software* di modellazione come 3D Studio Max (Autodesk).

[18] Universal Everything è un famoso studio di *graphic design* fondato da Matt Pyke <<http://universaleverything.com>> (consultato il 4 maggio 2017).

[19] Si vedano ad esempio AgisoftPhotoScan, <www.agisoft.com>; PhotoModeler Scanner, <photomodeler.com>; 123D Catch, <www.123dapp.com> (consultati il 14 maggio 2017).

[20] Il progetto nasce dalla collaborazione con lo studio di design londinese

Marshmallow Laser Feast <vimeo.com/marshmallowlaserfeast> e Analog <analogstudio.co.uk> (consultati il 14 maggio 2017).

[21] Si vedano: Grasshopper, <www.grasshopper3d.com>; ParaCloud GEM, <www.paracloud.com>; Generative Components, <www.bentley.com> (consultati il 14 maggio 2017).

[22] MHOX è uno studio di design generativo fondato da Filippo Nasseti e Alessandro Zomparelli nel 2012 <www.mhoxdesign.com> (consultato il 14 maggio 2017).

[23] Do the Mutation, *Collagene*, May 29, 2013, p. 1. In: <dothemutation.wordpress.com/2013/05/29/collagene-4/> (consultato il 14 maggio 2017).

Autore

Massimiliano Ciammaichella, Dipartimento di Progettazione e Pianificazione in Ambienti Complessi, Università Iuav di Venezia, ciamma@iuav.it

References

Barbara, A. (2011). *Storie di architettura attraverso i sensi*. Milano: Postmedia.

Bussagli, M. (2005). *L'uomo nello spazio. L'architettura e il corpo umano*. Napoli: Medusa.

Ciammaichella, M. (a cura di). (2015). *Il corpo umano sulla scena del design*. Padova: Il Poligrafo.

De Kerckhove, D. (1996). *La pelle della cultura. Un'indagine sulla nuova realtà elettronica*. Genova: Costa & Nolan.

Forget, T. (2013). *The Construction of Drawings and Movies: Models for Architectural Design and Analysis*. New York: Routledge.

Goldemberg, E. (2012). *Pulsation in Architecture*. Fort Lauderdale: Ross Publishing.

Harrison, A.L. (2013). *Architectural Theories of the Environment: Posthuman Territory*. New York: Routledge.

Hight, C. (2008). *Architectural Principles in the Age of Cybernetics*. New York: Taylor & Francis.

Jones, M. (2008). *Skintight: An Anatomy of Cosmetic Surgery*. Oxford: Berg.
Kolarevic, B. (2003). *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. New York: Spon Press.

Loschek, I. (2009). *When Clothes Become Fashion: Design and Innovation Systems*. Oxford: Berg.

Lupton, E. (2002). *Skin. Surface Substance and Design*. New York: Princeton Architectural Press.

Lynn, G. (1999). *Animate form*. New York: Princeton Architectural Press.

Manovich, L. (2011). *The Language of New Media*. Cambridge (Ma): The MIT Press.

Piegl, L., Tiller, W. (1997). *The NURBS Book*. Berlin: Springer-Verlag.

Quinn, B. (2010). *Textile Futures: Fashion, Design and Technology*. Oxford: Berg.

Sarris, N., Strintzis, M.G. (2005). *3D Modeling and Animation: Synthesis and Analysis Techniques for the Human Body*. London: IRM Press.

Van Berkel, B., Bos, C. (1999). *Move*. Amsterdam: UN Studio & Goose Press.

Vesalio, A. (1543). *De Humani corporis fabrica Libri Septem*. Basel: Giovanni Oporino.

Vidler, A. (1990). The building in pain. The body and architecture in post-modern culture. In *AA Files, Architectural Association School of Architecture*, 19, pp. 3-10.

Vidler, A. (2009). *La deformazione dello spazio. Arte, architettura e disagio nella cultura moderna*. Milano: Postmedia.

Zylinska, J. (2002). *The Cyborg Experiments: The Extensions of the Body in the Media Age*. London: Continuum.